

Hüttemann, Andreas: "Eine dispositionale Theorie der Kausalität", in: *Deutsches Jahrbuch Philosophie* 2, hrsg. von C. F. Gethmann, Hamburg: Meiner 2011, S. 451 – 467.

Eine dispositionale Theorie der Kausalität

Andreas Hüttemann

1. Einleitung

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts argumentierten Ernst Mach und Bertrand Russell für die These, die Begriffe der Ursache und der Wirkung sollten eliminiert werden. Einerseits seien sie nicht sehr präzise und andererseits könnten ihre Anwendungsbedingungen nicht erfüllt sein, denn das Bestehen dieser Bedingungen sei nicht verträglich mit einer Welt, wie sie von der Physik beschrieben wird. Im Alltag und in den sog. speziellen Wissenschaften spielen kausale Begriffe allerdings eine wichtige Rolle und für die Unterscheidung erfolgreicher Strategien des Handelns von weniger erfolgreichen Strategien sind sie unverzichtbar.¹

Mein Argumentationsziel ist es, zu zeigen, dass Ursachen und Wirkungen in einer Welt, wie sie die Physik beschreibt, (im Folgenden: der physikalischen Welt) durchaus ihren Platz haben (wenn auch nur unter bestimmten Bedingungen). Insbesondere möchte ich zeigen, dass die Zuschreibung von Dispositionen zu physikalischen Systemen ein wichtiger Zwischenschritt ist, um einzusehen, wo Kausalität in einer physikalischen Welt zu verorten ist.

2. Die Elimination des kausalen Vokabulars

In der einflussreichen Vorrede zu seinen *Vorlesungen über Mechanik* aus dem Jahre 1876 kritisierte Gustav Kirchhoff den Begriff der Ursache:

Man pflegt die Mechanik als die Wissenschaft von den Kräften zu definieren, und die Kräfte als die Ursachen, welche Bewegungen hervorbringen oder hervorzubringen streben. Gewiss ist diese Definition bei der Entwicklung der Mechanik von dem größten Nutzen gewesen, und sie ist es auch noch bei dem Erlernen dieser Wissenschaft, wenn sie durch Beispiele von Kräften, die der gewöhnlichen Erfahrung entnommen sind, erläutert wird. Aber ihr haftet die Unklarheit an, von der sich der Begriff der Ursache und des Strebens nicht befreien lassen. [...] Aus diesem Grunde stelle ich es als die Aufgabe der Mechanik hin, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen zu beschreiben, und zwar vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben.

¹ Vgl. N. Cartwright, *How the Laws of Physics Lie*, Kap. 1.

Ich will damit sagen, daß es sich nur darum handeln soll, anzugeben, welches die Erscheinungen sind, die stattfinden, nicht aber darum, ihre Ursachen zu ermitteln.²

Der spezifische Begriff der Ursache, den Kirchhoff kritisiert, ist der einer produktiven, hervorbringenden Ursache. Dieser Begriff war tatsächlich jener, der von Physikern in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bevorzugt verwendet wurde³. Die Elimination produktiver Ursachen betrifft anders konzipierte Ursachenbegriffe zunächst nicht. Gustav Theodor Fechner und der junge Ernst Mach knüpften beispielsweise an John Stuart Mills Ursachenbegriff an. Mill hatte selbst produktive Ursachen zurückgewiesen und eine an Hume anknüpfende alternative Konzeption vorgestellt:

To certain facts certain facts always do, and, as we believe, will continue to, succeed.
The invariable antecedent is termed the cause; the invariable consequent the effect.⁴

Im Wesentlichen vertritt Mill eine Regularitätsauffassung von Kausalität derart, dass die Ursache das Antezedens eines Naturgesetzes und damit hinreichende Bedingung für das Auftreten der Wirkung ist. Mach und Russell hatten diesen Millschen Ursachenbegriff im Blick, als sie ihre Kritik formulierten.

Mach glaubte, man könne den Begriff der Ursache nicht auf die Wirklichkeit anwenden und hat dafür eine Reihe verschiedener Gründe angeführt.

1. Wenn man ernst nimmt, dass der Begriff der Ursache Bedingungen für bestimmte Ereignisse bezeichnet, dann bedeutet dies, dass *jeder* Faktor in der Geschichte eines Ereignisses, von dem dieses abhängt, spezifiziert werden müsste, wenn man die Ursache angeben möchte:

Strebt man die Spuren von Fetischismus zu beseitigen, welche dem Begriff der Ursache noch anhaften, überlegt man, dass eine Ursache in der Regel nicht angebbar ist, sondern dass eine Tatsache meist durch ein ganzes System von Bedingungen bestimmt ist, so führt dies dazu, den Begriff der Ursache ganz aufzugeben.⁵

2. Der Begriff der Ursache setzt strikte Gesetzmäßigkeiten voraus. Solche Gesetzmäßigkeiten gibt es aber nicht, wenn man sie als tatsächliche Beschreibungen des Weltverlaufs auffasst:

In der Natur gibt es keine Ursache und keine Wirkung. Die Natur ist nur einmal da. Wiederholungen gleicher Fälle, in welchen A immer mit B verknüpft wäre, also gleiche Erfolge unter gleichen Umständen, also das Wesentliche des Zusammenhangs von Ursache und Wirkung, existieren nur in der Abstraktion, die wir zum Zweck der Nachbildung der Tatsachen vornehmen.⁶

² G. Kirchhoff *Vorlesungen über Mechanik*, Vorrede.

³ A. Hüttemann, »Die Elimination des kausalen Vokabulars in der Physik des 19. Jahrhunderts«.

⁴ J. S. Mill, *A System of Logic*, 213.

⁵ E. Mach, *Prinzipien der Wärmelehre*, 435 f.

⁶ E. Mach, *Die Mechanik*, 459.

3. Schließlich ersetzen die Wissenschaften selbst den Begriff der Kausalität durch den genaueren Begriff der mathematischen Funktion:

In den höher entwickelten Naturwissenschaften wird der Gebrauch der Begriffe Ursache und Wirkung immer mehr eingeschränkt, immer seltener. Es hat dies seinen guten Grund darin, daß diese Begriffe nur sehr vorläufig und unvollständig einen Sachverhalt bezeichnen, daß ihnen die Schärfe mangelt, [...]. Sobald es gelingt, die Elemente der Ereignisse durch meßbare Größen zu charakterisieren, was bei Räumlichen und Zeitlichen sich unmittelbar, bei anderen sinnlichen Elementen sich aber doch auf Umwegen ergibt, läßt sich die Abhängigkeit der Elemente voneinander durch den Funktionsbegriff viel vollständiger und präziser darstellen, als durch so wenig bestimmte Begriffe wie Ursache und Wirkung. Dies gilt nicht nur dann, wenn mehr als zwei Elemente in unmittelbarer Abhängigkeit (das Beispiel vom Gas $pV/T = \text{konst.}$ [...]), sondern noch viel mehr, wenn die betrachteten Elemente nicht in unmittelbarer, sondern in mittelbarer durch mehrfache Ketten von Elementen vermittelter Abhängigkeiten stehen. Die Physik mit ihren Gleichungen macht dieses Verhältnis deutlicher, als es Worte tun können.⁷

Russell hat diesen Überlegungen zwei wichtige Punkte hinzugefügt:

4. Ursachen werden gewöhnlich als lokale Ereignisse aufgefasst. Das führt zu einem Dilemma. Ein lokales Ereignis ist nämlich niemals hinreichend für das Auftreten eines anderen Ereignisses, denn es kann immer Störfaktoren geben, die dazwischen treten. Wenn man andererseits statt eines lokalen Ereignis, den Zustand der Welt zu einem bestimmten Zeitpunkt als Ursache auffasst, ist es nicht sehr wahrscheinlich, dass es eine Regelmäßigkeit gibt, dergestalt, dass dieser Zustand *regelmäßig* als hinreichende Bedingung für einen anderen auftritt.

In order to be sure of the expected effect, we must know that there is nothing in the environment to interfere with it. But this means that the supposed cause is not, by itself, adequate to insure the effect. And as soon as we include the environment, the probability of repetition is diminished, until at last, when the whole environment is included, the probability becomes nil.⁸

5. Die zweite Beobachtung, die Russell hinzufügt, betrifft den Umstand, dass in physikalischen Systemen, die von den fundamentalen Gleichungen der Physik beschrieben werden, die Zukunft die Vergangenheit in genau der gleichen Weise festlegt, wie die Vergangenheit die Zukunft.

⁷ E. Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, 278.

⁸ B. Russell, »On the Notion of Cause«, 7/8.

... the future ›determines‹ the past in exactly the same sense in which the past ›determines‹ the future. The word ›determine‹, here, has a purely logical significance: a certain number of variables ›determine‹ another variable if that variable is a function of them.⁹

Die Asymmetrie, die wir mit der Kausalrelation verknüpfen, scheint es in der physikalischen Welt nicht zu geben.

3. Die alltägliche Auffassung von Kausalität und ihre Probleme

Im alltäglichen Leben und in vielen Wissenschaften ist von Ursachen und Wirkungen sehr häufig die Rede, ohne dass wir deshalb in große Schwierigkeiten geraten. Wie ist das vor dem Hintergrund der Beobachtungen von Mach und Russell möglich? Ist es möglich, Bedingungen anzugeben, unter denen die Anwendung kausalen Vokabulars trotz der Einwände Machs und Russells möglich ist?

Dazu ist zunächst zu klären, welche Merkmale der Kausalrelation üblicherweise (z. B. im Alltag) zugeschrieben werden. Vermutlich gibt es keine einheitliche Alltagsvorstellung von Kausalität.¹⁰ Gleichwohl werden bestimmte Merkmale häufig mit Kausalität verknüpft:

Hervorbringen (Produktion): Eine Ursache bringt ihre Wirkung hervor, produziert sie. Norton¹¹ nimmt an, dies sei das zentrale Merkmal der Alltagskonzeption.

Asymmetrie: Ursachen bringen ihre Wirkungen hervor, aber Wirkungen keine Ursachen.

Zeitliche Priorität: Ursachen gehen ihren Wirkungen zeitlich vorher.

Lokalität: Ursachen und Wirkungen sind lokale Ereignisse in Raum und Zeit.

Hauptursache: Es gibt einen Unterschied zwischen einer Hauptursache und sekundären Kausalfaktoren (bloßen Bedingungen).

Dies sind einige der Bedingungen, die Norton¹² nennt. Für alle gilt, dass im Lichte der Kritik von Mach und Russell fraglich geworden ist, ob es eine Kausalrelation, die diese Merkmale besitzt, wirklich geben kann.

Das gilt insbesondere für das Merkmal *Hervorbringen*. Letztlich ist dieses Merkmal schon problematisch, seit im 17. Jahrhundert die substantiellen Formen zurück gewiesen wurden, die eine produktive Kausalität nahe gelegt hatten. Ich teile Mills und

⁹ B. Russell, »On the Notion of Cause«, 15.

¹⁰ Vgl. J. Norton, »Causation as Folk Science«.

¹¹ J. Norton, »Causation as Folk Science«, 34.

¹² J. Norton, »Causation as Folk Science«.

Kirchhoffs Auffassung, dass sich ein solch starker Kausalbegriff nicht in eine physikalische Welt integrieren lässt.

Wenn wir also versuchen, Kausalbeziehungen in der physikalischen Welt zu entdecken, dann sollten wir *Hervorbringen* ersetzen durch eine schwächere Beziehung, die zum Ausdruck bringt, dass die Ursache eine ›modale Kraft‹ ausübt, so dass die Wirkung auftreten ›muss‹, dass sie die Wirkung determiniert o.ä. (Weiter unten werden Kandidaten diskutiert, die die Rolle einer ›modalen Kraft‹ – was immer das sein mag – spielen könnten.)

Das Problem, wie diese ›modale Kraft‹ zu explizieren sei, sowie die Frage des Ursprungs der kausalen Asymmetrie sind von Christopher Hitchcock als die ›wirklich schwierigen Probleme‹ (*hard problems*) bezeichnet worden, mit denen sich eine Theorie der Kausalität zu beschäftigen hat. Ich werde mich in diesem Aufsatz mit dem ersten Problem beschäftigen.

4. Optionen

Das Problem, die Beobachtungen Machs und Russells damit in Einklang zu bringen, dass Kausalbeziehungen im Alltag, in den speziellen Wissenschaften und zur Identifikation erfolgreicher Strategien benötigt werden, hat Hartry Field als das zentrale Problem in der Metaphysik der Kausalität bezeichnet¹³.

Welche grundsätzlichen Optionen stehen uns offen?

1. *Kausaler Eliminativismus*: Es gibt keine Ursachen und Wirkungen. Wir täuschen uns, wenn wir annehmen in der Natur gebe es Kausalrelationen. Diese Position ist darauf verpflichtet, zu erklären, weshalb wir in verschiedenen Bereichen die kausale Terminologie erfolgreich anwenden.
2. *Unvollständigkeit*: Die Physik liefert keine Beschreibung aller Tatsachen. Kausale Tatsachen werden von der Physik nicht berücksichtigt.
3. *Integration*: Kausalrelationen, die die genannten Eigenheiten (oder manche) besitzen, haben sehr wohl ihren Platz in einer physikalischen Welt.

In Bezug auf das Merkmal der ›modalen Kraft‹ werde ich im Folgenden die dritte Option verteidigen.

5. Naturgesetze und Dispositionen

Wie eingangs erwähnt ist die Zuschreibung von Dispositionen zu physikalischen Systemen ein wichtiger Schritt zur Integration von Kausalbeziehungen in die physikalische Welt. Ich werde mich daher zunächst der Frage widmen, warum wir physikalischen

¹³ H. Field, »Causation in a Physical World«, 443.

Systemen Dispositionen zuschreiben sollen, um dann im Anschluss eine dispositionale Konzeption der Kausalität zu skizzieren.

5.1 Teil-Ganzes-Erklärungen

Das Argument, das ich vortragen werde, lautet, dass sich Teil-Ganzes-Erklärungen nur verstehen lassen, wenn man unterstellt, dass physikalische Systeme Dispositionen besitzen.

5.1.1 Ein Beispiel

Die Erklärung des Energiespektrums von Kohlenstoffmonoxid ist ein Beispiel für eine Teil-Ganzes-Erklärung. Kohlenstoffmonoxidmoleküle bestehen aus zwei Atomen mit den Massen m_1 und m_2 , die sich in einem Abstand x voneinander befinden. Abgesehen von Schwingungen entlang der x -Achse können sie Rotationen im dreidimensionalen Raum durchführen. Das System lässt sich daher als rotierender Oszillator beschreiben. Das Verhalten des zusammengesetzten Systems wird durch das Verhalten der Teile (Oszillator und Rotator) erklärt. (Es handelt sich hier nicht um räumliche Teile, sondern um verschiedene Freiheitsgrade.) Der Physiker Arno Bohm, der dieses Beispiel in seinem Lehrbuch der Quantenmechanik behandelt, beschreibt das Vorgehen im Falle einer solchen Erklärung wie folgt:

We shall therefore first study the rigid-rotator model by itself. This will provide us with a description of the CO states that are characterised by the quantum number $n=0$, and will also approximately describe each set of states with a given vibrational quantum number n . Then we shall see how these two models [Der harmonische Oszillator wurde schon in einem früheren Kapitel diskutiert. A.H.] are combined to form the vibrating rotator or the rotating vibrator.¹⁴

In einem ersten Schritt wird das Gesamtsystem (das CO-Molekül) in Teilsysteme aufgeteilt (Rotator und Oszillator). Diese werden nun im zweiten Schritt betrachtet, als seien sie jeweils isoliert. In Bezug auf den isolierten Rotator gilt das folgende Gesetz:

1. Rotatoren werden durch die Schrödingergleichung mit dem folgenden Hamiltonoperator beschrieben: $H_{\text{rot}} = L^2/2I$, mit L als Drehmomentoperator und I als Trägheitstensor.

In Bezug auf den Oszillator gilt das Gesetz:

2. Oszillatoren werden durch die Schrödingergleichung mit dem folgenden Hamiltonoperator beschrieben: $H_{\text{osc}} = P^2/2\mu + \mu\omega^2 Q^2/2$, mit P als Impulsoperator,

¹⁴ A. Bohm, *Quantum Mechanics*, 128.

Q als Ortsoperator, ω als Frequenz des oszillierenden Gegenstandes und μ als reduzierter Masse.

Diese Gesetze, die sich auf die als isoliert gedachten Subsysteme beziehen – also auf kontrafaktische Situationen, bringen wir nun –in einem dritten Schritt – zur Anwendung auf das zusammengesetzte System und konstruieren einen Hamiltonoperator für das CO-Molekül als Ganzes und somit das folgende Gesetz:

3. Oszillierenden Rotatoren werden durch die Schrödingergleichung mit dem folgenden Hamiltonoperator beschrieben: $\mathbf{H} = \mathbf{H}_{\text{rot}} \otimes \mathbf{I} + \mathbf{I} \otimes \mathbf{H}_{\text{osc}}$, mit \mathbf{I} als Identitätsoperator.

Dabei stützen wir uns auf ein Gesetz, das beschreibt, wie man Teilsysteme zusammenfügt:

Let one physical system be described by an algebra of operators, A_1 , in the space R_1 , and the other physical system by an algebra A_2 in R_2 . The direct-product space $R_1 \otimes R_2$ is then the space of physical states of the physical combinations of these two systems, and its observables are operators in the direct-product space. The particular observables of the first system alone are given by $A_1 \otimes I$, and the observables of the second system alone are given by $I \otimes A_2$ ($I =$ identity operator).¹⁵

Dieses Zusammensetzungsgesetz erlaubt uns das Verhalten des zusammengesetzten Systems durch (3) zu beschreiben und mithin durch (1) und (2) zu erklären.

Ein weiteres Beispiel für eine solche Teil-Ganzes-Erklärung betrifft das Verhalten des Sonnensystems. In die Beschreibung des dynamischen Verhaltens des Sonnensystems gehen die Terme für die kinetische Energie der Planeten und der Sonne ein (diese Terme beschreiben, wie sich die jeweiligen Teilsysteme in Isolation verhielten). Aufgrund eines Zusammensetzungsgesetzes können wir diese Terme in eine einzige Hamiltonfunktion zusammenführen. (Der einzige Unterschied zu dem zuvor beschriebenen Fall besteht darin, dass hier auch Wechselwirkungsterme berücksichtigt werden.)

5.1.2 Allgemeines Schema von Teil-Ganzes-Erklärungen

Eine Teil-Ganzes-Erklärung eines zusammengesetzten Systems liegt dann vor, wenn es sich – zumindest im Prinzip – auf der Basis

- (1) des Verhaltens der isolierten Teilsysteme
- (2) allgemeiner Gesetze der Zusammensetzung von Systemen und
- (3) allgemeiner Wechselwirkungsgesetze erklären bzw. ableiten lässt.¹⁶

¹⁵ A. Bohm, *Quantum Mechanics*, 147.

¹⁶ Vgl. dazu ausführlicher A. Hüttemann, »Explanation, Emergence and Quantum-entanglement«.

5.2 Dispositionen

Ich möchte nun zeigen, dass wir Dispositionen benötigen, um uns Teil-Ganzes-Erklärungen verständlich zu machen.

Kategorische und dispositionale Eigenschaften unterscheide ich folgendermaßen: Eine dispositionale Eigenschaft ist eine Eigenschaft, die, wenn sie von einem Gegenstand instantiiert wird, nur unter ganz bestimmten Bedingungen manifest ist. Eine kategorische Eigenschaft dagegen ist, wenn sie von einem Gegenstand instantiiert wird, unter allen Umständen manifest. Auch wenn dies nicht die orthodoxe Art und Weise ist, diese Unterscheidung einzuführen, sieht man leicht, dass die üblicherweise diskutierten klaren Fälle auf die richtigen Seiten dieser Unterscheidung fallen. Zerbrechlichkeit oder Löslichkeit, sind, wenn sie ein Gegenstand besitzt oder instantiiert, nur unter bestimmten Bedingungen manifest. Die Masse oder Struktur eines Gegenstandes sind (möglicherweise) Kandidaten für kategorische Eigenschaften. (Letztlich bin ich nicht auf die These festgelegt, dass es überhaupt kategorische Eigenschaften gibt.)

Warum müssen wir physikalischen Systemen Dispositionen unterstellen? Wesentlich für Teil-Ganzes-Erklärungen ist die Bezugnahme auf das Verhalten der Teilsysteme. Das Verhalten dieser Teilsysteme ist aber gar nicht manifest, solange die Teilsysteme das zusammengesetzte System konstituieren. Das Beispiel des Kohlenstoffmonoxids illustriert diese These. Die Teilsysteme Rotator und Oszillator tragen zum Gesamtverhalten z.B. zur Gesamtenergie bei. Aber das Verhalten der Teilsysteme, auf die Bezug genommen wird ist nicht manifest. Wäre das Verhalten des Oszillators oder des Rotators manifest, dann müsste es sich messen lassen. Gemessen werden kann aber lediglich das Energiespektrum des Gesamtsystems, es sei denn man zerstört dasselbe.

Die Teil-Ganzes-Erklärung nimmt also Bezug darauf, wie sich das Teilsystem Oszillator verhalten würde, wenn der Rotator nicht vorhanden wäre. Rotator und Oszillator tragen einerseits gemeinsam zum Gesamtverhalten bei, andererseits hindern sie sich wechselseitig, ihr je eigenes Verhalten zu manifestieren. Sie sind gewissermaßen Störfaktoren (*antidotes*), die die (vollständige) Manifestation verhindern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Verhalten, das die Gesetze (1) und (2) den Teilsystemen zuschreiben, nicht manifest ist. Das lässt sich am besten so verstehen, dass die Gesetze den Systemen zuschreiben, ein Verhalten unter ganz bestimmten Bedingungen zu manifestieren, nämlich wenn sie isoliert sind – d.h. aber den Systemen Dispositionen zuzuschreiben.

Naturgesetze schreiben typischerweise Systemen ein Verhalten zu, das diese nur dann manifestieren, wenn ganz bestimmte Bedingungen erfüllt sind, insbesondere, wenn keine Störfaktoren vorhanden sind. Naturgesetze schreiben physikalischen Systemen typischerweise Dispositionen zu.

Newtons erstes Gesetz ist ein gutes Beispiel dafür, dass Naturgesetze das Verhalten von physikalischen Systemen unter ganz bestimmten Bedingungen, nämlich der Abwesenheit von Störfaktoren, beschreiben:

Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der gleichförmig-geradlinigen Bewegung, sofern er nicht durch eingedrückte Kräfte zur Änderung seines Zustands gezwungen wird.

Diese Bezugnahme auf Manifestations- oder Auslösebedingungen wird (in diesen Fall explizit, ansonsten oft implizit) unterstellt. Wenn behauptet wird, Wasserstoffatome verhielten sich gemäß der Schrödingergleichung mit dem Coulombpotential, dann gilt das nur für den Fall, dass keine Störfaktoren vorhanden sind. Das Galileische Fallgesetz, wonach die beim Fall zurückgelegte Strecke sich proportional zum Quadrat der Fallzeit verhält, unterstellt ebenfalls die Abwesenheit von Störfaktoren.

Naturgesetze beschreiben, was passiert, wenn keine Störfaktoren auftreten. Sie beschreiben das Standard- oder *Normalverhalten*. (Mit dem Ausdruck »Normalverhalten« soll nicht unterstellt werden, dass dieses Verhalten normalerweise auftritt. In Ermangelung eines besseren Ausdrucks meine ich damit das störungsfreie Verhalten des Systems. Im Englischen bietet sich der Ausdruck »default-behaviour« an.)

Im weiteren Verlauf werde ich an diese Charakterisierung von Gesetzen anknüpfen: Gesetze beschreiben Normalverläufe (default behaviour), die genau dann eintreten, es keine Störfaktoren gibt. Die Abwesenheit der Störfaktoren ist in unseren Fällen also die Auslösebedingung für die Manifestation der zugrunde liegenden Dispositionen.

6. Ursachen sind keine Dispositionen

Das Ziel dieses Aufsatzes besteht darin, verständlich zu machen, wie Kausalbeziehungen in eine physikalische Welt integriert werden können. Die Antwort auf diese Frage kann *nicht* lauten, dass Ursachen mit Dispositionen im eben eingeführten Sinne zu identifizieren sind. Der Grund ist der folgende. Die Kausalrelation wird typischerweise als eine solche gedacht, bei der die Ursache der Wirkung zeitlich vorhergeht¹⁷. Ob es simultane Verursachung oder Rückwärtsverursachung gibt, ist umstritten. Unbestritten ist aber, dass es Fälle gibt, in denen die Ursache der Wirkung vorangeht, und dass dies der Standardfall ist.

Ursachen, die ihren Wirkungen zeitlich vorangehen, können nicht mit Dispositionen, die für ihre (partielle) Manifestation verantwortlich sind, identifiziert werden.¹⁸ Der Grund dafür ist, dass es keinen Anhaltspunkt dafür gibt, dass Manifestation als ein zeitlicher Prozess aufzufassen ist. Ganz im Gegenteil enthalten die Zusammensetzungsgesetze, die die (partielle) Manifestation von Dispositionen beschreiben, *keinen* Zeitparameter. Das Teil-Ganzes-Verhältnis und damit die Manifestation einer Disposition sollte also als atemporale Determinationsrelation verstanden werden.¹⁹ Mithin

¹⁷ Vgl. Abschnitt 3.

¹⁸ George Molnar hat eine solche Position vertreten (G. Molnar, *Powers*).

¹⁹ Eine temporale Determinationsrelation ist eine solche, bei der eine Eigenschaft oder ein Zustand zum Zeitpunkt t eine andere Eigenschaft oder einen anderen Zustand zu einem Zeit-

könnten höchstens simultane Ursachen auf die vorgeschlagene Weise auf Dispositionen im hier eingeführten Sinne zurückgeführt werden. Es ist aber unplausibel, dass für Vorwärtsverursachung und für Simultanverursachung (falls es so etwas gibt) verschiedene Theorien der Kausalität gelten.

7. Eine dispositionale Theorie der Kausalität

7.1 Einleitung

Ausgangspunkt meiner Untersuchung war die These von Mach und Russell, dass die Begriffe der Ursache und der Wirkung in einer physikalischen Welt nicht verortet werden können. Im Anschluss an Norton²⁰ möchte ich der Idee nachgehen, dass unsere Rede von Ursachen und Wirkungen in bestimmten Grenzfällen sinnvoll ist, die in vielen Situationen näherungsweise realisiert sind. Insbesondere möchte ich – über Norton hinausgehend – ausbuchstabieren, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit ein solcher Grenzfall vorliegt. Falls dies gelingt, hätten wir gezeigt, wie Kausalität in eine physikalische Welt integriert werden kann.

In Abschnitt 5 hatte ich für die These argumentiert, dass Naturgesetzaussagen als Zuschreibungen von Dispositionen verstanden werden sollten. Diese Dispositionen selbst sind allerdings nicht als Ursachen aufzufassen²¹. Wir müssen also nach einer Alternative suchen, um das Problem der ›modalen Kraft‹ zu lösen.

Traditionell werden zwei Lösungen diskutiert, die dieses Problem zu lösen versprechen. Zunächst ist die Regularitätstheorie von Hume über Mill bis hin zu Mackie zu nennen. Nach dieser Konzeption ist eine Ursache eine hinreichende oder eine INUS-Bedingung für das Auftreten der Wirkung²². Dass es zu einer solchen Festlegung des Eintretens der Wirkung überhaupt kommt, verdankt sich Naturgesetzen, deren Antezedensbedingungen hinreichend für das Konsequens sind. Nach der Regularitätstheorie verdankt sich die Determination oder die modale Kraft der Ursachen den Naturgesetzen, die als strikte Regularitäten aufgefasst werden. Das Problem dieser Konzeption der modalen Kraft von Ursachen besteht darin – wie wir bei Mach und Russell hinlänglich gesehen haben –, dass es solche strikten Gesetze, die hinreichende Bedingungen für das Auftreten von Wirkungen beschreiben, offensichtlich nicht gibt.

Wenn wir andererseits Kausalität über kontrafaktische Abhängigkeit definieren, dann wird die modale Kraft der Ursache durch Rekurs auf die kontrafaktische Abhängigkeit der Wirkung von der Ursache erläutert. Der Nachteil dieser Konzeption besteht darin, dass nicht zu sehen ist, dass Kausalität mit kontrafaktischer Abhängigkeit tatsächlich so

punkt t^* , mit $t^* > t$ (oder $t^* < t$) determiniert. Wenn eine Determinationsrelation nicht temporal ist, dann ist sie atemporal.

²⁰ J. Norton, »Causation as Folk Science«.

²¹ Vgl. Abschnitt 6.

²² J. Mackie, *The Cement of the Universe*, 62.

eng verbunden ist, wie vielleicht erhofft. Kontrafaktische Abhängigkeit ist weder notwendig für Kausalität wie Fälle von kausaler Überdetermination und ›pre-emption‹ zeigen, noch ist sie hinreichend, denn manchmal hängt die Vergangenheit kontrafaktisch von der Gegenwart ab, ohne dass letztere erstere verursacht hätte.²³

Mein Vorschlag wird sich von diesen beiden Konzeptionen unterscheiden. Gleichwohl werden Naturgesetze eine prominente Rolle spielen und es soll verständlich werden, weshalb in vielen Fällen Kausalbeziehungen mit kontrafaktischen Abhängigkeiten einhergehen.

7.2 Ursachen als Störfaktoren

Den Ausgangspunkt meiner Beobachtungen bildet eine Beobachtung Machs, die diejenigen Situationen betrifft, in denen wir nach Ursachen fragen:

Nach Ursachen zu fragen haben wir im Allgemeinen nur ein Bedürfnis, wo eine (ungewöhnliche) Änderung eintritt [...].²⁴

Hat die Voraussetzung der Beständigkeit der Verbindung der Elemente als instinktive Gewohnheit oder als bewusster methodologischer Zug sich unserem Denken eingepägt, so suchen wir sofort nach einer Ursache jeder neu eintretenden, unerwarteten Änderung ... Jede Änderung erscheint als eine Störung der Stabilität, als eine Auflösung des bisher zusammen Bestehenden.²⁵

Diese Bemerkungen legen nahe, dass wir nicht dann nach einer Ursache fragen und damit unterstellen, dass eine solche vorliegt, wenn ein regelmäßiges oder gesetzmäßiges Verhalten vorliegt, sondern im Gegenteil dann, wenn ein solches gestört wurde. Ursachen scheinen immer dann ins Spiel zu kommen, wenn gesetzmäßige Abläufe gestört werden²⁶.

Dieser Beobachtung folgend möchte ich nun ausführen, dass Ursachen als Störungen von Normalverläufen aufgefasst werden können. Ich möchte zeigen, wie sie als Verletzungen von naturgesetzmäßigen Verläufen begriffen werden können, aber gleichwohl ebenfalls unter Naturgesetze fallen. Auf diese Weise soll insbesondere erläutert werden, wie das Merkmal des Zwangs (der modalen Kraft), das wir für gewöhnlich der Kausalrelation zuschreiben, zustande kommt.

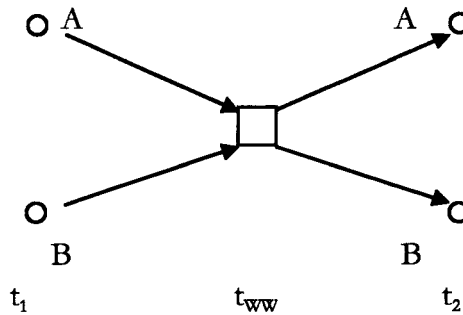
Meinen eigenen Vorschlag möchte ich anhand eines Standardbeispiels der Kausalitätsliteratur erläutern: Nehmen wir an, zwei Billardkugeln stießen gegeneinander und würden reflektiert.

²³ Vgl. Collins/Hall/Paul, »Counterfactuals and Causation«, für eine Darstellung des gegenwärtigen Diskussionsstandes.

²⁴ E. Mach, *Prinzipien der Wärmelehre*, 432.

²⁵ E. Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, 277 f.

²⁶ Vgl. dazu auch L. Krüger, »Kausalität und Freiheit«.



Das Aufstoßen der Kugel A an einem bestimmten Ort zur Zeit t_{iww} (Zeitpunkt der Wechselwirkung) bezeichnen wir typischerweise als die *Ursache* der Ablenkung der Kugel B. Warum?

Solange wir das Problem der Asymmetrie außen vor lassen, können wir ohne gegen die Annahmen der Physik zu verstoßen, erläutern, weshalb As Stoß zur Zeit t_{iww} die Ursache für Bs Ablenkung ist. B verhält sich zunächst gemäß dem ersten Newtonschen Gesetz, d.h. es besitzt die Disposition, sich gerade und gleichförmig zu bewegen, solange kein Störfaktor auftritt (keine äußere Kraft einwirkt). Newtons erstes Gesetz beschreibt das inertielle oder Normalverhalten des Systems B.

Wenn das Normalverhalten des Systems nicht länger manifest ist, d.h. also im vorliegenden Fall, wenn die Kugel sich nicht länger geradlinig und gleichförmig bewegt, dann muss es einen externen Faktor (eine äußere Kraft) geben, der diese Veränderung herbeigeführt hat. Die Ursache der Bewegungsänderung von B ist mit diesem vom Gesetz geforderten Störfaktor zu identifizieren. Mit anderen Worten: In Abschnitt 5 haben wir gesehen, dass Gesetze typischerweise Normalverläufe beschreiben und in diesem Sinne quasi-inertial sind²⁷. Naturgesetzeaussagen beschreiben, was geschieht, wenn keine Störfaktoren auftreten. Abweichungen vom beschriebenen Normalverhalten verlangen nach einem Störfaktor. Das ist, was das Gesetz uns sagt. Ursachen sind genau diejenigen Faktoren, die durch die quasi-inertialen Gesetze postuliert werden – für den Fall einer Ablenkung, Abweichung o. ä. vom Normalverhalten.

Ursachen sind Störungen von Normalverläufen, die durch Gesetze beschrieben werden. Diese Störungen fallen aber selbst wiederum unter Naturgesetze, die den Normalverlauf eines umfassenderen Systems (das in unserem Falle sowohl A als auch B einschließen würde) beschreiben.

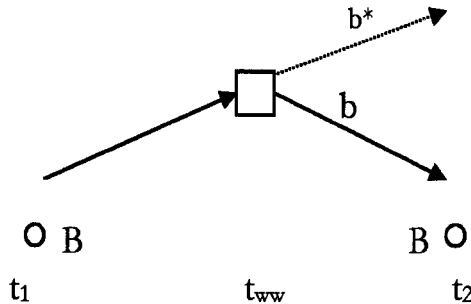
Die soeben skizzierte Konzeption erlaubt uns, verständlich zu machen, weshalb eine Wirkung von ihrer Ursache typischerweise kontrafaktisch abhängt.

Für den Beispielfall gilt folgendes:

²⁷ Vgl. T. Maudlin, »Causation, Counterfactuals and the Third Factor«, für diese Terminologie.

- (1) A ist auf B gestoßen & B wurde abgelenkt
 (2) Wenn A nicht auf B gestoßen wäre, wäre B nicht abgelenkt worden.

Die Wahrheit von (1) ist nicht weiter erläuterungsbedürftig, denn dort werden einfach Tatsachen konstatiert, die für unseren Beispielfall konstitutiv sind. Aber warum halten wir (2) für wahr?



b: Bs tatsächliche Bahn

b*: Bahn, die B eingeschlagen hätte, wenn A nicht in t_{ww} auf B gestoßen wäre.

Wir wissen aufgrund des ersten Newtonschen Gesetzes, dass die Kugel B die Bahn b^* und nicht die Bahn b eingeschlagen hätte, wenn A nicht auf B gestoßen wäre. Allgemeiner: Das Gesetz, das das Normalverhalten des Systems B beschreibt, erlaubt uns zu schließen, was passiert wäre, wenn das Normalverhalten nicht gestört worden wäre.

Die Bedingungen (1) und (2) beschreiben genau die Form von Abhängigkeit die bei Lewis für kausale Abhängigkeit konstitutiv ist:

$$(3) E(u) \ \& \ E(w)$$

$$(4) \sim E(u) \ \square \rightarrow \sim E(w)$$

wobei die Ausdrücke » $E(u)$ « und » $E(w)$ « die Propositionen bezeichnen, dass sich die Ursache bzw. die Wirkung ereignet²⁸.

Mit anderen Worten: Die für Kausalbeziehungen typischen kontrafaktischen Konditionalaussagen gelten aufgrund der quasi-inertialen Gesetze, d.h. letztlich aufgrund der den Gesetzen zugrunde liegenden Dispositionen. Kontrafaktische Abhängigkeiten sind nach dem hier skizzierten Ansatz Symptome, die häufig mit einem Kausalverhältnis einhergehen, aber nicht dasjenige, was Kausalität ausmacht.

Der Umstand, dass wir kontrafaktische Abhängigkeit nicht als konstitutiv für das Vorliegen einer Kausalrelation betrachten, erlaubt uns eine Schwierigkeit, mit denen sich kontrafaktische Ansätze konfrontiert sehen, zu vermeiden. Kontrafaktische Theo-

²⁸ Vgl. D. Lewis, »Causation«, 166 f.

rien der Kausalität haben große Schwierigkeiten mit Fällen, in denen neben der tatsächlichen Ursache weitere potentielle Ursachen vorhanden sind, die die Wirkung hervorgebracht hätten, wenn die aktuelle Ursache dies nicht getan hätte (*pre-emption*). In diesen Fällen hängt die Wirkung nicht kontrafaktisch von der Ursache ab. Die hier skizzierte Konzeption geht mit dem Fall folgendermaßen um:

Für die Frage, ob ein Faktor eine Ursache ist, ist allein entscheidend, ob er einen Normalverlauf eines Systems tatsächlich gestört hat. Ob andere Faktoren vorhanden sind, die gegebenenfalls gestört hätten, ist – nach dieser Konzeption – für die Frage des Vorliegens von Kausalität unerheblich. (Für die Frage ob eine kontrafaktische Abhängigkeit vorliegt, ist der Umstand allerdings sehr wohl erheblich, aber die Frage nach der Kausalität sollte von der Frage nach der kontrafaktischen Abhängigkeit unterschieden werden.)²⁹

7.3 Grenzfallbedingungen

Was sind nun die Grenzfallbedingungen, die die Rede von Ursache und Wirkung ermöglichen? Damit eine Skizze der Kausalität, wie ich sie vorgestellt habe, auf physikalische Situationen angewandt werden kann, muss es möglich sein, innerhalb eines Gesamtsystems (wie dem Arrangement von Billardkugeln) Subsysteme zu identifizieren, derart, dass ihnen für eine Zeit quasi-inertiales (oder inertiales) Verhalten zugeschrieben werden kann. Zumindest sollte (1) das gestörte System sich so verhalten, dass man ihm vor der Störung berechtigterweise ein Normalverhalten zuschreiben kann (wie es sich verhalten hätte, wenn es nicht gestört worden wäre) und (2) der störende Faktor isolierbar sein.

Russell hatte das Beispiel von wechselseitig gravitierenden Körpern erwähnt, um zu schließen: »[...] there is nothing that could properly be called a ›cause‹ and nothing that could properly be called an ›effect‹ in such a system«³⁰. Was ein solches System mit unterstellter instantaner Gravitation auszeichnet, ist gerade, dass sich gestörte Teilsysteme und Störfaktoren nicht isolieren lassen, weil alles zugleich aufeinander einwirkt. Nun gilt zum ersten in der Physik die Gravitation nicht mehr als instantan wirkende Kraft und zum zweiten lässt sich in vielen Fällen sehr wohl physikalischen Systemen Normalverhalten zuschreiben (das Auto, das auf der Straße fährt; die Fensterscheibe, die in ihrem Rahmen sitzt.)

Allerdings sind in realistischen Fällen zweierlei Art von pragmatischen Erwägungen im Spiel. Erstens kollidieren in realistischen Fällen Billardkugeln nicht nur mit anderen Billardkugeln, sondern auch mit unzähligen Molekülen. Hier unterscheiden wir signifikante von weniger signifikanten Störungen und abstrahieren von letzteren. Was

²⁹ In *What's wrong with Microphysicalism?* hatte ich noch nicht die kontrafaktische Analyse der Kausalität aufgegeben, sondern lediglich eine alternative Semantik vorgeschlagen, die im Falle von Kausalverhältnissen angewendet werden sollte. Im Lichte von T. Maudlin, »Causation, Counterfactuals and the Third Factor«, habe ich diese Position inzwischen modifiziert.

³⁰ B. Russell, »On the Notion of Cause«, 14).

signifikant ist, hängt natürlich von pragmatischen Erwägungen ab. Darüber hinaus werden bestimmte konstitutive Bedingungen als gegeben angenommen. Eine solche Beobachtung hatte schon Mackie gemacht:

Both cause and effect are seen as differences within a field; anything that is part of the assumed (but commonly unstated) description of the field itself will, then, be automatically ruled out as a candidate for the role of cause.³¹

Mit anderen Worten: Die Unterscheidung zwischen kausalem Feld und quasi-inertialem Prozess wird letztlich ebenfalls pragmatisch gezogen.

7.4 Zusammenhang mit anderen Konzeptionen

Abschließend möchte ich noch kurz das Verhältnis zu anderen Kausalkonzeptionen andeuten.

Die Konzeption, die hier vorgestellt wurde, beruht ganz wesentlich auf Gesetzen. Man könnte sie auch als Gesetzeskonzeption bezeichnen. Aber unterstellt wird eine ganz bestimmte Auffassung von Gesetzen. Gesetze werden nicht als Regularitäten aufgefasst. Ich unterstelle nicht, dass das in Gesetzesaussagen beschriebene Verhalten tatsächlich realisiert ist. Gesetzesaussagen werden nicht als Beschreibungen regelmäßigen Verhaltens, sondern als Zuschreibung einer Disposition aufgefasst. Das für unser Beispiel entscheidende erste Newtonsche Gesetz beschreibt ein Verhalten (geradlinig gleichförmige Bewegung), das möglicherweise von keinem System je realisiert wird (vielleicht mit Ausnahme des Universums als Ganzem). Für Kausalität sind nicht Regularitäten relevant, sondern die Frage, wie sich Systeme verhalten würden, wenn sie nicht gestört würden und damit die zugrunde liegenden Dispositionen. Selbst wenn man die skizzierte Position als Gesetzeskonzeption bezeichnet, so ist es doch keine Regularitätskonzeption und entgeht den Vorwürfen Machs und Russells.

Wie bereits erwähnt, teilt die hier skizzierte dispositionale Kausaltheorie mit der Analyse von Kausalität durch kontrafaktische Konditionalaussagen die Auffassung, dass Ursache-Wirkungsbeziehungen sich oft durch kontrafaktische Konditionalaussagen charakterisieren lassen. Im Unterschied zu letzterer identifiziert sie kausale Abhängigkeit aber nicht mit kontrafaktischer Abhängigkeit (von Ereignissen).

Die größte Ähnlichkeit der hier skizzierten Theorie besteht mit Prozesstheorien, denn die quasi-inertialen Prozesse, die ich oben beschrieben habe, sind Prozesse im Sinne von Salmon oder Dowe. Die Prozesstheorien von Dowe und Salmon sind allerdings wesentlich dadurch geprägt, dass sie Prozesse charakterisieren wollen, ohne auf kontrafaktischen Konditionalaussagen Bezug zu nehmen und unter ausschließlichen Bezug auf empiristisch sanktionierte Eigenschaften etc.³², d. h. zum Beispiel, dass sie

³¹ J. Mackie, *The Cement of the Universe*, 35.

³² Vgl. W. Salmon, »Causality without Counterfactuals«.

den Bezug auf Dispositionen ablehnen würden. Die Prozesse, die für Kausalität nach der von mir skizzierten Auffassung konstitutiv sind, sind einfach solche, die durch quasi-inertiale Gesetze beschrieben werden.³³

Anders als Salmons Theorie, dessen Prozesse dank ihrer Charakterisierung durch physikalische Invarianten immer genuin physikalische Prozesse waren, erlaubt die hier vorgestellte Konzeption durchaus Kausalität auf unterschiedlichen Ebenen, falls für diese quasi-inertiale Gesetze vorliegen.

Literatur

- Bird, Alexander: *Nature's Metaphysics*, Oxford 2007.
- Bohm, Arno: *Quantum Mechanics: Foundations and Applications*, New York 1986.
- Cartwright, Nancy: *How the Laws of Physics Lie*, Oxford 1983.
- Collins, John/Hall, Ned/Paul, Laurie: »Counterfactuals and Causation: History, Problems, and Prospects«, in: John Collins/Ned Hall/Laurie Paul (Hgg.): *Causation and Counterfactuals*, Cambridge Mass. 2004, 1–57.
- Field, Hartry: »Causation in a Physical World«, in: Michael Loux/Dean Zimmerman (Hgg.): *The Oxford Handbook of Metaphysics*, Oxford 2003, 435–460.
- Hitchcock, Christopher: »What Russell Got Right«, in: Huw Price/Richard Corry (Hgg.): *Causation, Physics and the Constitution of Reality*, Oxford 2007, 45–65.
- Hüttemann, Andreas: »Laws and Dispositions«, in: *Philosophy of Science* 65, 1998, 121–135.
- Hüttemann, Andreas: *What's wrong with Microphysicalism?*, London 2004.
- Hüttemann, Andreas: »Explanation, Emergence and Quantum-entanglement«, in: *Philosophy of Science* 72, 2005, 114–127.
- Hüttemann, Andreas: »Die Elimination des kausalen Vokabulars in der Physik des 19. Jahrhunderts«, in Vorbereitung
- Kirchhoff, Gustav: *Vorlesungen über Mechanik*, Leipzig 1874.
- Krüger, Lorenz: »Kausalität und Freiheit«, in: *Neue Hefte für Philosophie*, 32/33, 1992, 1–14.
- Lewis, David: »Causation«, in: ders.: *Philosophical Papers Vol II.*, Oxford 1986, 159–172.
- Mach, Ernst: *Erkenntnis und Irrtum*, Darmstadt 1980.
- Mach, Ernst: *Die Mechanik*, Darmstadt 1982.
- Mach, Ernst: *Principien der Wärmelehre*, Leipzig 21900.
- Mackie, John: *The Cement of the Universe*, Oxford 1980.

³³ Welche Dispositionen ein System hat und a fortiori welches quasi-inertiale Verhalten es in der Abwesenheit von Störfaktoren manifestiert, ist im allgemeinen empirisch zugänglich (vgl. dazu A. Hüttemann, »Laws and Dispositions«, 131 f.).

- Maudlin, Tim: »Causation, Counterfactuals and the Third Factor«, in: John Collins, Ned Hall/Laurie Paul (Hgg.): *Causation and Counterfactuals*, Cambridge Mass. 2004, 419–443.
- Mill, John Stuart: *A System of Logic*, 1891.
- Molnar, George: *Powers*, Oxford 2003.
- Norton, John: »Causation as Folk Science«, in: John Collins, Ned Hall/Laurie Paul (Hgg.): *Causation and Counterfactuals*, Oxford 2007, 11–44.
- Russell, Bertrand: »On the Notion of Cause«, in: *Proceedings of the Aristotelian Society* 1912/13, 1–26.
- Salmon, Wesley: »Causality without Counterfactuals«, in: *Philosophy of Science* 61, 1994, 297–312.